

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Opracowanie nowej, prostszej i tańszej przekładni zębatej w miejsce skomplikowanych i drogich przekładni planetarnych

Development of a new, simpler and cheaper toothed gear in place of complicated and expensive planetary gears

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Łódzka

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego
Title of the innovative solution

Technologia nawęglania próżniowego metodą PreNit LPC® dla obróbki kół zębatych o zróżnicowanych wymaganiach technologicznej warstwy wierzchniej

Low pressure carburizing PreNit LPC® technology for toothed gears treatment of various technological surface layer requirements

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

Podwyższenie temperatury procesu nawęglania niskociśnieniowego do poziomu nawet 1050°C pozwala znacząco skrócić czas procesu w stosunku do metod konwencjonalnych.

Ograniczenia możliwości podwyższenia temperatury:
możliwość znacznego rozrostu ziarna austenitu - obniżenie wytrzymałości materiału po obróbce cieplnej.

Zwiększone odkształcenia hartownicze o dużym polu rozrzutu wartości

Zwiększona skłonność do powstawania pęknięć hartowniczych.

Możliwość zapobiegania – dodatki stopowe – podniesienie kosztów materiałowych

Rozwiązanie alternatywne:

Alternatywnym rozwiązaniem może być zastosowanie w nawęglaniu niskociśnieniowym etapu przedazotowania stali w fazie nagrzewania do temperatury nawęglania.

Technologia ta, znana pod nazwą PreNitLPC®, została opracowana w Instytucie Inżynierii Materiałowej Politechniki Łódzkiej

Polega na dozowaniu w etapie nagrzewania wsadu do temperatury nawęglania – amoniaku, który stanowi źródło atomów azotu.

Amoniak dozowany jest w zakresie temperatury od 400 do 700°C.

Azot nasycając warstwę wierzchnią stali powoduje ograniczenie rozrostu ziaren austenitu w temperaturze nawęglania.

Ilość zaabsorbowanego azotu w warstwie wierzchniej podczas fazy przedazotowania jest stosunkowo niewielka natomiast głębokość jego wnikania jest porównywalna z grubością warstwy nawęglonej.

Powoduje to iż ograniczenie rozrostu ziaren austenitu występuje w całej warstwie nawęglonej.

Nie występuje zjawisko stabilizacji austenitu szczątkowego, nie zwiększa się jego ilość- właściwości wytrzymałościowe – wytrzymałość zmęczeniowa i odporność na pitting nie obniżają się

Increasing the low pressure carburizing process temperature up to 1050 allows to reduce process time in comparison to conventional methods.

Limitations in temperature increase:

austenite grain growth - strength reduction after heat treatment

Increased heat treatment distortions

Increased tendency to cracking

Possible precautions: alloying elements - increased materials costs.

Alternative solution:

The alternative solution can be the application of pre-nitriding stage during heating steel to carburizing temperature, in the low pressure carburizing process

This technology is known as PreNitLPC® and was elaborated in Institute of Materials Science, Lodz University of Technology

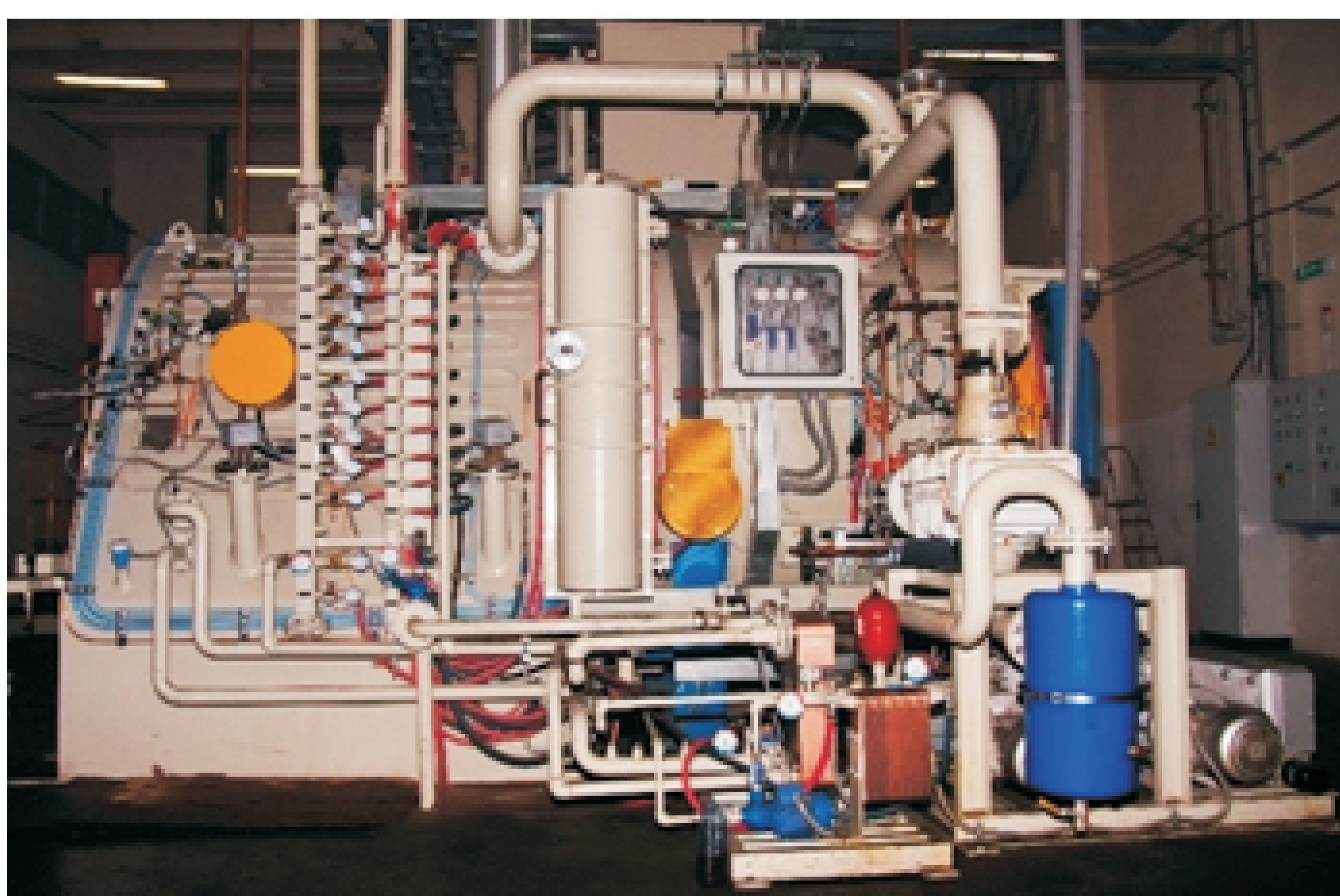
It consists in dosing ammonia gas - as a source of nitrogen atoms during charge heating stage.

Ammonia is dosed in the temperature range 400 to 700°C.

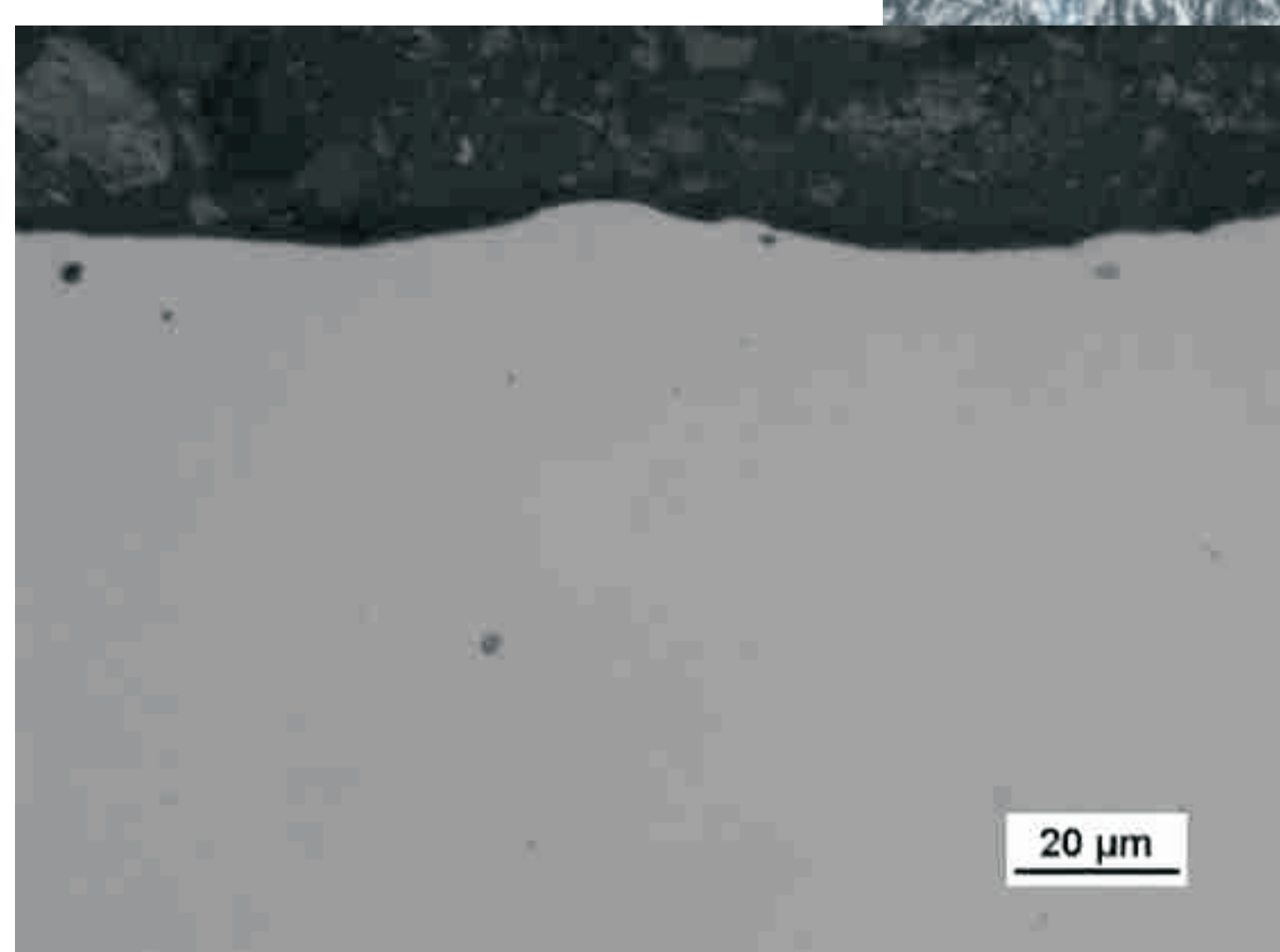
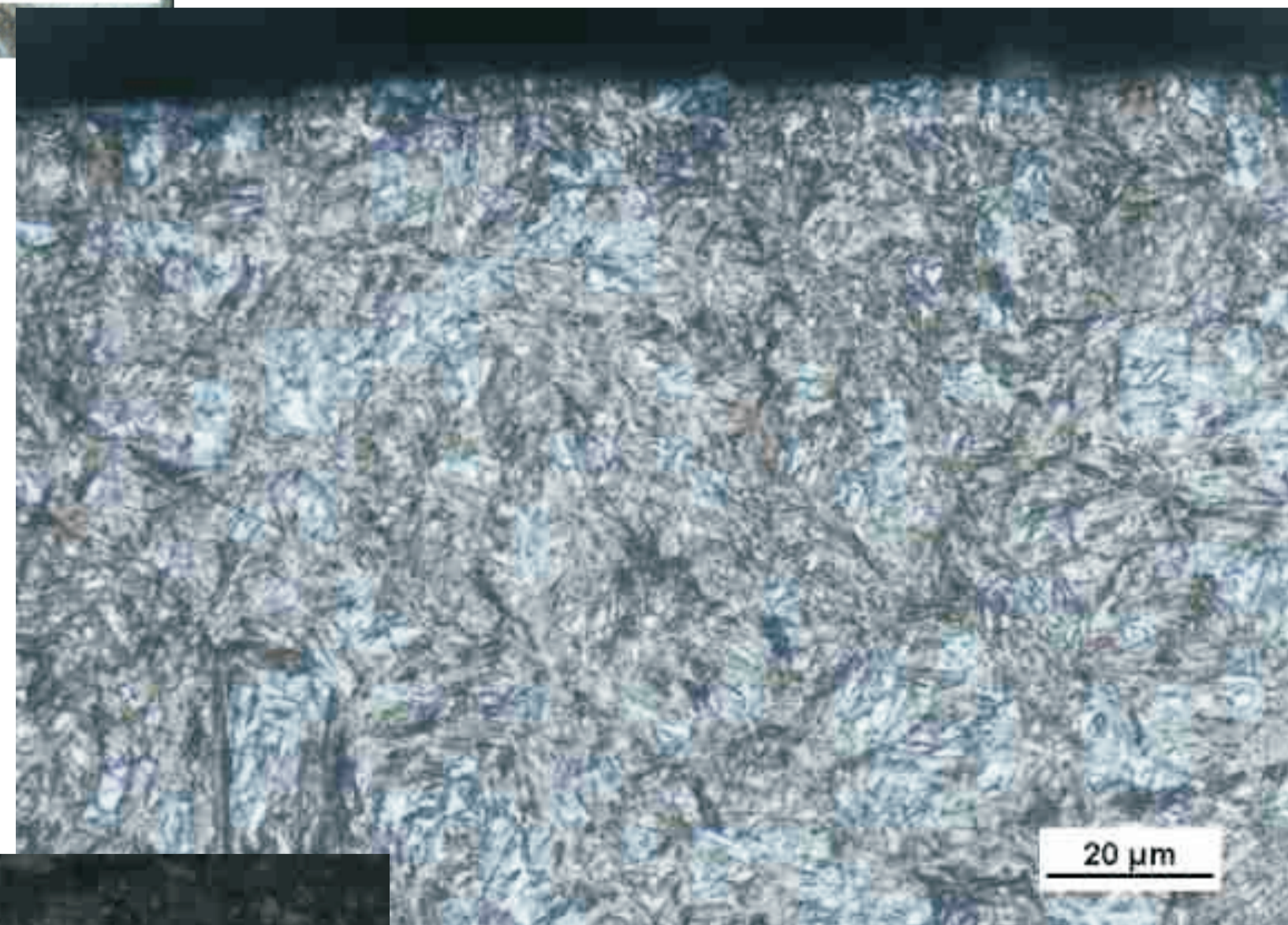
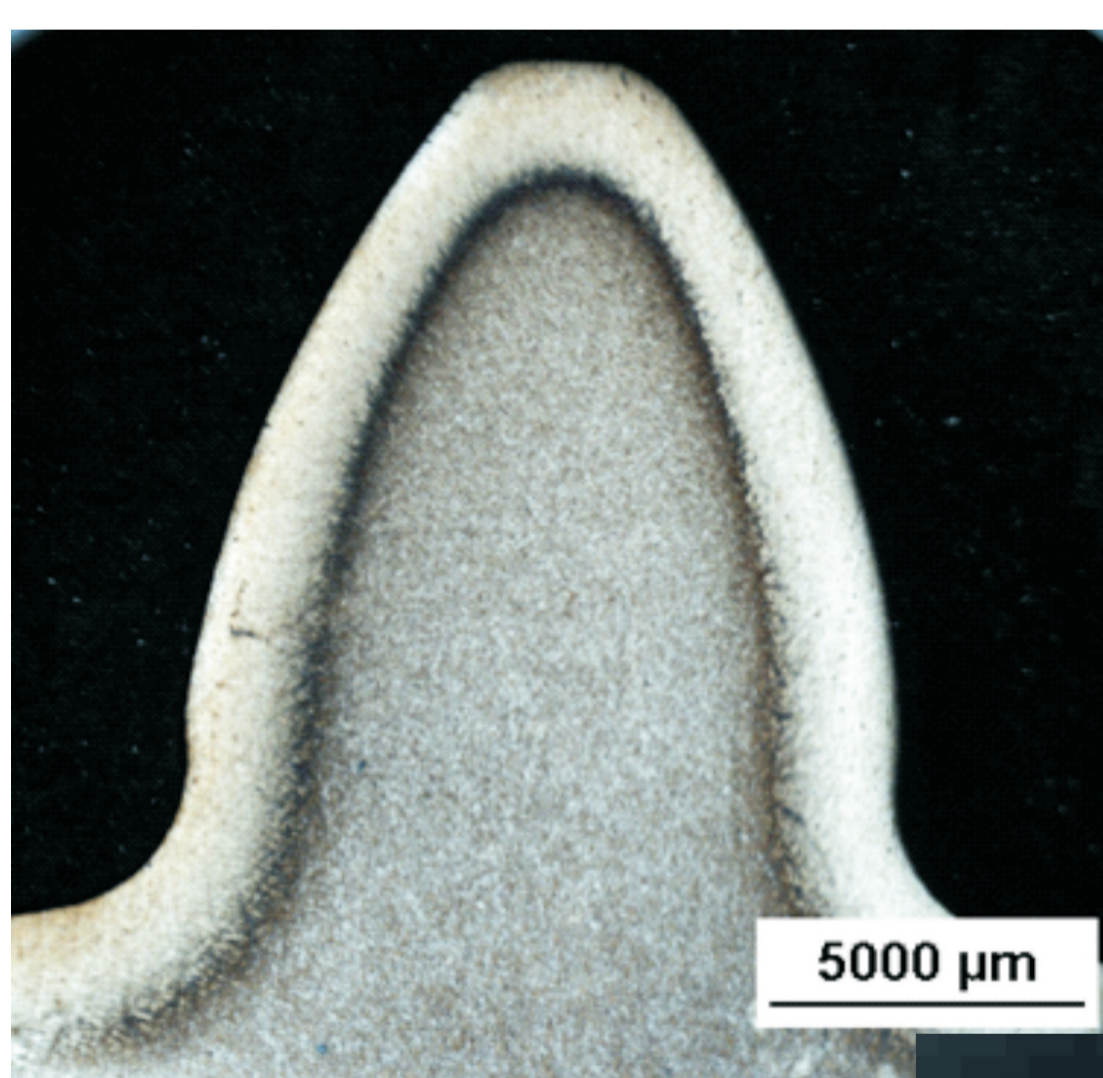
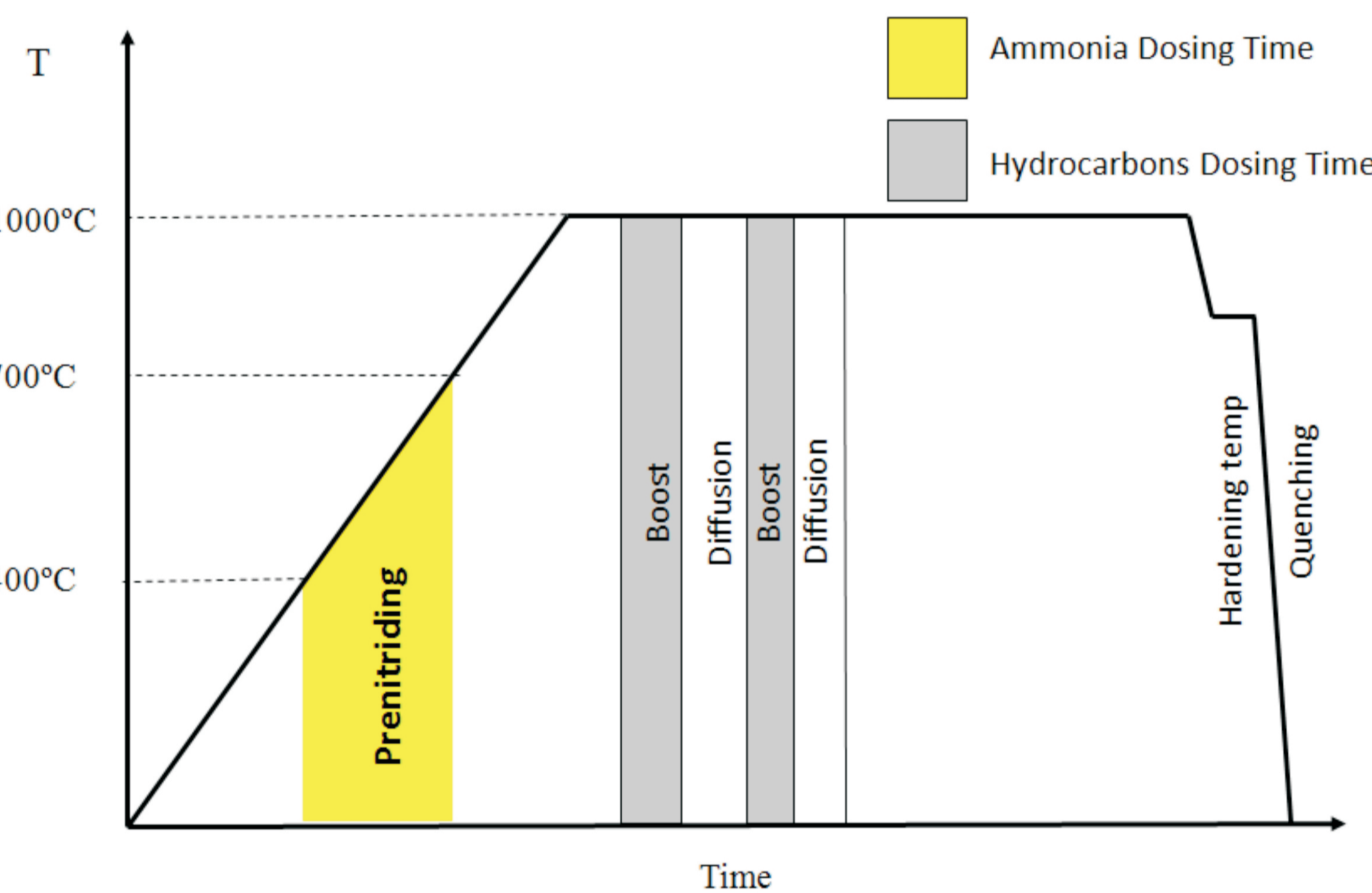
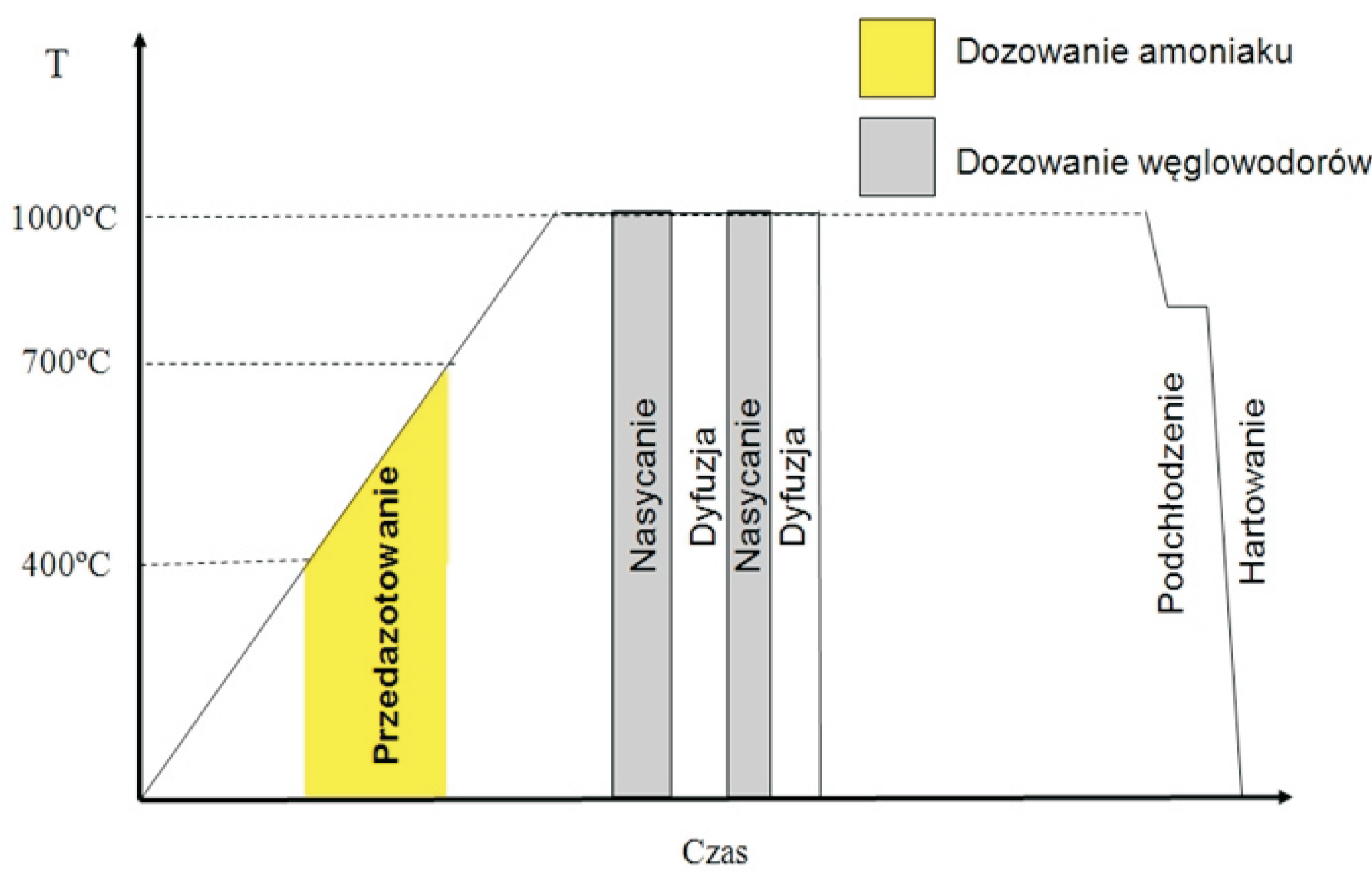
Nitrogen, saturating surface layer limits the grain growth of austenite at carburizing temperature.

The amount of absorbed nitrogen in the surface layer is low while penetration depth is comparable to case depth. Thus the grain growth limitation occurs in the whole carburized layer.

There is no austenite stabilization phenomenon, fatigue strength and pitting resistance do not decrease.



Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego
Visualization of the innovative solution

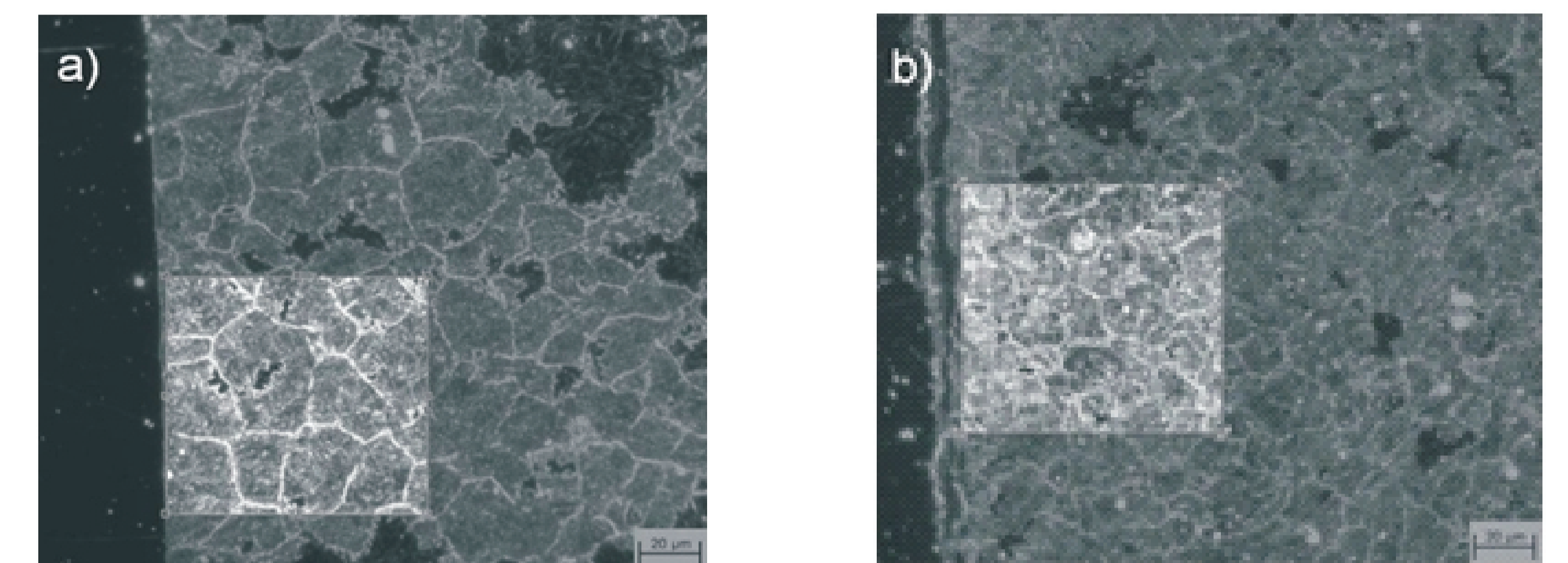


No internal oxidation
No decarburization and non-martensitic structures

Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego
Advantages and restrictions of innovative solution

Brak rozrostu ziarna
Możliwość podniesienia temperatury procesu do poziomu 1050°C
Możliwość gospodarki nadatkami (powtarzalność odkształceń hartowniczych)
Wylimitowanie zjawiska utleniania wewnętrznego
Możliwość eliminacji procesu miedziowania

No grain growth
Possibility to increase process temperature up to 1050°C
Machining allowances management (repeatability of distortions)
Eliminating of internal oxidation
Possibility of eliminating copper-calding



Porównanie struktur uzyskanych w procesie nawęglania próżniowego w temperaturze 1000°C

A) bez podawania amoniaku, B) przy podawaniu amoniaku w zakresie temperatur 450-700°C

Comparison of low pressure carburizing structures obtained at 1000°C

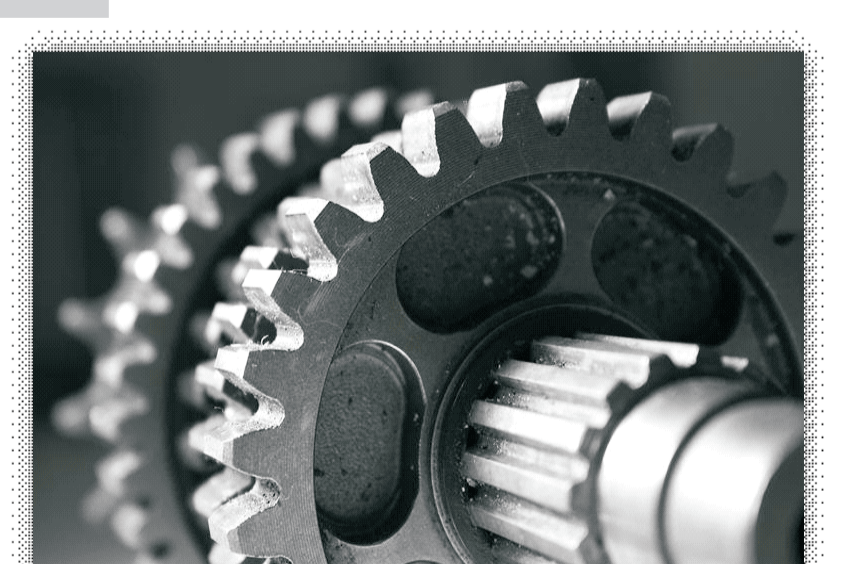
A) without ammonia dosing B) ammonia dosed between 450-700°C

Możliwe zastosowania w lotnictwie i innych gałęziach gospodarki
Examples of application in aviation and other branches



Oferta dla przemysłu
The offer for industry

Technology	ENDO 930 °C ECD 0,65 mm	PreNitLPC® 980 °C ECD 0,65 mm
Year production volume	50 000 pcs./50 000 kg.	50 000 pcs./50 000 kg.
Unit cost [USD net/kg]	0,8	0,7
Copper cladding-decladding [USD net/pcs.]	10	-
Paste protection and paste removing [USD net/pcs.]	-	2,5
Total [production lot in kgs x unit cost] + production lot in pcs. x protection costs = Total costs of thermo-chemical treatment	548 000 (100%)	163 000 (29,8%)



Technology	ENDO 1688 F (920 °C) ECD 0,65 mm (0,026 inch)	PreNitLPC® 1796 F (980 °C) ECD 0,026 inch (0,65 mm)
Unit cost [USD/kg]	100 %	80,6 %
Cost of the coppering and removing copper [USD /piece]	100 %	-
Cost imposed diffusion paste and remove the paste [USD/piece]	-	25% of the cost of copper

